有価陶磁器に対する人工物メトリクス適用のための研究

藤川真樹(綜合警備保障(株))、小田史彦、森安研吾(ウシオ電機(株))、
渕真悟(青山学院大学)、竹田美和(名古屋大学)

Study of the New Artifact-metrics for Valuable Porcelain

Masaki Fujikawa[1] Fumihiko Oda[2] Kengo Moriyasu[2] Shingo Fuchi[3] Yoshikazu Takeda[4]
[1]Sohgo Security Services Co.,Ltd. [2]USHIO Inc. [3]Aoyama Gakuin Univ. [4]Nagoya Univ.

著者らは、日々製造される有価陶磁器がブランドメーカーによって製造されたこと(真正性)を検証できる新しい人工物メトリクスを提案する。この方式では、個々の製品の特徴情報を抽出するための材料として透明なガラス蛍光体を用いるため、同じガラス質である釉薬や絵の具との相性がよく、これらがもたらす色に影響を与えない。また、釉薬の塗布や絵付けという行為によって人工物に材料を付着させるため、工房のマイスターに追加的な作業を求めない。さらに、個々の製品の登録や検証が非接触かつ短時間にできるため、製品に影響を与えることがない。著者らは、基礎的な実験によって本方式の有効性を示した。

ABSTRACT

The authors propose a new method in which the fact that a porcelain product is actually produced by the brand-holder company. The material used in this method is transparent, the color tone created by the master artisan are not affected. As the material is applied on to the product in the process of enameling or glazing, no additional work process is required. Furthermore, because the method does not require UV or radioactive rays in registration and verification of products, potential hazards to the human body or product are eliminated. The authors also indicate high feasibility by showing results of the elementary experiments. showing results of the elementary experiments.

1. はじめに

有名なブランドメーカーや窯元によって製造された有価陶磁器製品は人気があるため高値で売買されるが、そのことに目をつけてこれらの偽造品を製造・販売する事業者がいる[1)]ことは、他の偽ブランド品のケースと同様に看過できない問題である。なぜならば、かれらはメーカーや窯元の知的財産権を侵害しているとともに、買い手を欺いて不正な利益を得ているからである。

陶磁器メーカーでは、日々製造している製品の真正性を示すために「ブランド名」や「ID番号」を刻印・ペイントしたものを製品として出荷している1。しかしながら、これらを再現した偽造品が製造・販売されている[2)]ため、上記の手法は真正性を証明するための決め手になり得ていない。一般的に、有価陶磁器製品の真正性を迅速に判定することは難しく、判定には長年の経験と知識、高いスキル(いわゆる「目利き」)が必要である。このため、目利きの能力が低い場合、誤って偽造品を仕入れたり、偽造品を真正品として販売したりするリスクがある[2)]。

著者らは、紙幣などの有価証書と同様に、有価陶磁器製品においても偽造品の製造を困難にするとともに、目利きの能力が高くなくても真正品か否かを判定できる技術の確立が必要であると考えている。今回著者らは、日々製造される個々の有価陶磁器製品に適用できる可能性が高い、新しい人工物メトリクスを考案したので紹介する。本論文では、以下の流れに沿って論述を展開する。第2 章では、人工物メトリクスの概要を述べたあと、本論文における人工物メトリクスの要件と本論文で設定する前提条件を述べる。第3章では、著者ら

ウシオ電機株式会社 Copyright(c) USHIO INC. All Right Reserved

が考案した手法の詳細を述べる。第4章では、著者らの手法を検証するために行った基礎的な実験とその結果を述べる。第5章では、提案手法の有効性について考察する。

2. 準備

2.1 人工物メトリクスとは？

人工物メトリクス(Artifact-metrics)とは、「人工物がもつ固有の特徴を用いて、人工物の認証を行う技術」であると定義されている[4]。バイオメトリクスでは個人の身体的特徴や行動的特徴を認証手段として用いるのに対して、人工物メトリクスでは人工物の製造過程で偶発的に形成される固有の特徴(特徴情報)を認証手段として用いる。人工物の真正性は、バイオメトリクスと同様に、あらかじめ登録されている人工物の特徴情報と、計測器が読み取った特徴情報とのマッチングにより判断する。

人工物メトリクスを実装したものを「人工物メトリック・システム」という。図1に基本構成を示す。微視的にみると、個々の人工物の特徴情報はすべて異なるが、その抽出は容易ではない。このため、当該システムでは特徴情報を抽出しやすくするために、人工物に材料を添加したり、当該材料に特化した情報抽出手法を用いたりすることが多い[5]。

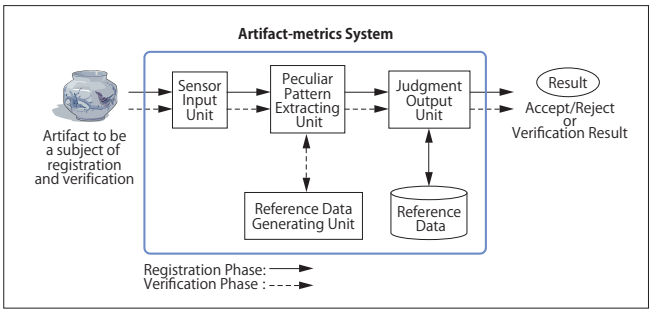

図1. 人工物メトリック・システムの基本構成

2.2 人工物メトリクスの要件

本節では、本論文における人工物メトリクスの要件を述べる。はじめに、特徴情報を抽出しやすくするために人工物(陶磁器)に添加する材料は、焼成によって生じる発色(陶土や釉薬、絵の具がもたらす発色)に影響を与えず、人体や環境に対して無害であることが望ましい。つぎに、人工物に対する材料の添加は、可能な限り工房のマイスターに追加的な作業を求めないことが望ましい。また、特徴情報を抽出する手法は、製品に影響を及ぼさないことが望ましい。以上のことから、本論文における人工物メトリクスの要件として、以下の4つを設定する。

要件1: 人工物に添加する材料は、陶土や薬、絵の具がもたらす色に影響を与えるリスクが低い。
要件2: 上記の材料は、人体と環境に影響を及ぼすリスクが低い。
要件3: 上記の材料の人工物への添加は、工房のマイスターが行う作業内容を変更することなしに実施できる。
要件4: 製品に影響を及ぼさないようにするために、特徴情報は非接触かつ短時間に抽出できる。

2.3 前提条件

本論文では、議論の範囲を明確にするために、以下に示す前提条件を設定する。

要件1: 本稿では、メーカーが日々製造している製品を議論の対象とする。つまり、すでに市場に出回っているものや、収集家が保管しているもの(アンティークなど)は議論の対象外である。
要件2: 本稿では、著者らが提案する人工物メトリクスがもつ潜在能力(陶磁器製品の真正性を確認できること)について議論する。著者らは提案手法を実装していないため、人工物メトリック・システムに関する詳細な議論(たとえば、パターン照合装置の性能や耐クローン性の評価)は行わない。
要件3: 偽造品とは、メーカーの製造工程を経ずに作製された製品であり、かつメーカーによって作製されたという偽の主張(意匠や刻印の偽装など)を施している製品を指す。
要件4: 著者らは人工物メトリクスを実装していないが、著者らの手法を本稿の読者がイメージしやすくするために、信頼できる人工物メトリック・システムと、信頼できるプレイヤー(メーカーやバイヤー、小売店)が存在するという仮定のもとで論述を展開する。

ウシオ電機株式会社 Copyright(c) USHIO INC. All Right Reserved

3. 提案方法

3.1 人工物に添加する材料

著者らは、要件1と要件2を満たす材料として、光励起により近赤外線（ピーク波長1,000nm）を発光する、透明度の高いガラス蛍光体[6]に注目した。このガラス蛍光体は、「少量の酸化希土類」と「担持ガラス」を混ぜ合わせた粉末を溶融することによって得られるもので、以下の特徴を有する。

- 比較的入手しやすい酸化希土類を使用しており、担持ガラスとの重量比が数%程度であるため、低コストで生成できる。
- 主成分がガラスであるため、ガラス質である釉薬や絵の具との相性がよい。
- 人体（肌や皮膚など）や環境に害を及ぼすリスクが低い。

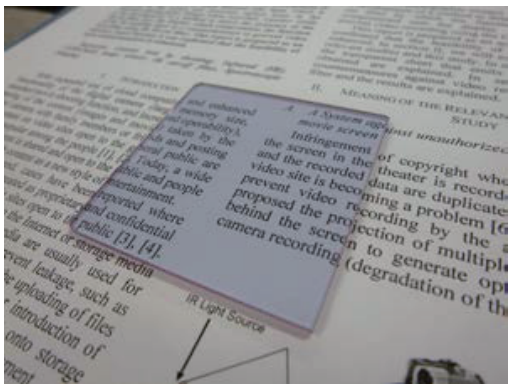

図2. 板状に成形したガラス蛍光体

ガラス蛍光体が持つ色と透明度、励起光から赤外線への変換効率は、配合する酸化希土類の種類とその比率、坦持ガラスの組成によって決定される。著者らは、組成の見直しを行った結果、着色を抑制しつつ透明度を向上させたガラス蛍光体の作製に成功した（図2参照）。著者らは、4章においてこのガラス蛍光体を用いた実験を行う。なお、著者らが目標とするガラス蛍光体は無色透明であるが、現時点では薄い青の着色がみられる。今後、著者らは継続して着色の除去に努めるが、本論文では著者らのアイデアと現段階におけるガラス蛍光体の有効性を確認することを目標としたいため、実験では以下の点を確認することをあらかじめ述べておく。

(1)視認の困難性：ガラス蛍光体が持つ色を考慮して、人工物には少量のガラス蛍光体を添加するが、これによる薄い青の着色を視認しにくいこと（つまり、ガラス蛍光体が添加されていることを目視で確認しにくいこと）を確認する。

(2)赤外線の発光：(1)によって添加されたガラス蛍光体は少量であるが、光励起によって赤外線を発光することを確認する。

3.2 製品の製造工程と材料の添加方法

図3 と図4 に、陶磁器製品の基本的な製造工程を示す。

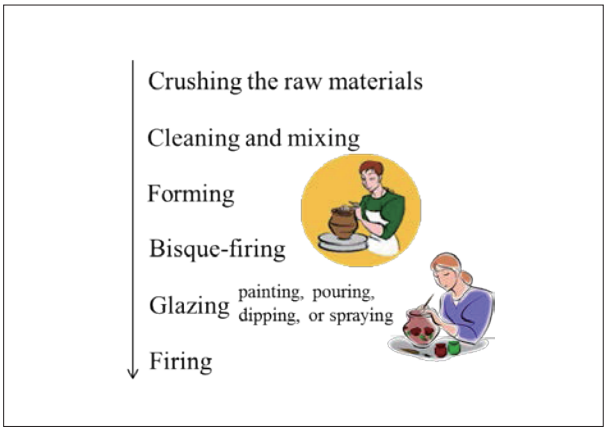

図3. 提案手法では、釉薬の塗布（Dipping）またはPainting の工程で材料を添加する。

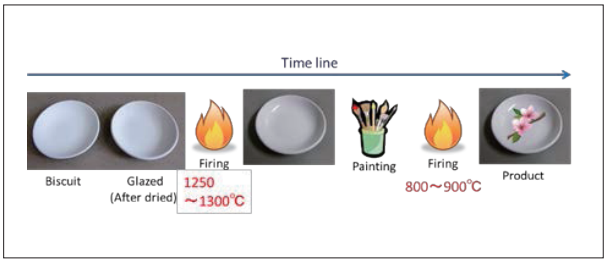

図4. Bisque-firing 後の陶磁器製品の製造プロセス。著者らは、実験1（4.1 節）に示す方法で皿を作製した。

著者らは、要件3を満たすために、釉薬や絵の具の塗布という作業のなかで人工物にガラス蛍光体を添加する方法を提案する。これは、粒径の細かなガラス蛍光体の粉末を含んだ釉薬や絵の具をセキュリティ会社が製造し、工房に納品することで実現できる。これにより、工房での製造工程に変更が発生しないため、マイスターによる作業（すなわち、釉薬の塗布や絵付け）のなかでガラス蛍光体を人工物に添加できる。

釉薬や絵の具に含まれるガラス蛍光体の粒子は、DippingまたはPaintingのあとに実施するFiringの工程で、釉薬や絵の具の成分とともに人工物の表面に溶着する。このとき、「粒子の位置」と「粒子同士の結合の度

ウシオ電機株式会社 Copyright(c) USHIO INC. All Right Reserved

合い」が偶発的かつ無作為に決まり、製品ごとに異なる値になる。著者らは、これらの情報を特徴情報として用いる。

3.3 特徴情報の抽出方法

著者らは、要件4を満たしつつ、上述した特徴情報を抽出するために、人工物の表面に励起光を照射しながらその様子をカメラで撮影する方法（つまり、光励起によってガラス蛍光体が近赤外線を発光している様子を撮影する方法）を提案する。これは、励起光の照射により、前述した「粒子の位置」と「粒子同士の結合の度合い」が「赤外線の発光位置」と「発光量」に対応するためである。なお、抽出された上記の情報を図1 に示す参照データに登録しておくことで、製品の真正性の判定が可能になる。

著者らの方法は、特徴情報を非接触かつ短時間で抽出できるとともに、特徴情報を抽出するために紫外線や放射線を照射しないため、製品に影響を及ぼすリスクが低い。

4. 実験

今回使用するガラス蛍光体には薄い青の着色がみられるため、3.1節で述べたように少量のガラス蛍光体を人工物に溶着させて実験を行うのだが、これによる薄い青の着色を視認しにくく、かつ、光励起によって赤外線を発光するならば、著者らのアイデアと現段階におけるガラス蛍光体の有効性が確認できる。著者らは、上記の2点を確認するために2つの実験を行う。

実験では、ガラス蛍光体を溶着させる人工物として陶器を使用する。これは、磁器に比べて焼成のための温度管理が容易であり、安価な電気炉で焼成できるためである。

4.1 実験1

はじめに、前者（視認の困難性）に関する実験を行う。著者らは、青色を視認しやすくするために白色の素焼き陶器皿を使用し、以下の要領でガラス蛍光体を溶着させた皿とそうでない皿を5 枚ずつ、計10枚製造した。なお、著者らはDippingまたはPaintingにおいてガラス蛍光体を添加することを提案しているが、釉薬や絵の具に対するガラス蛍光体の適切な配合量を探るとともに、ガラス蛍光体の量が少なくても効果を発揮することを確認するために、便宜上(1)と(2)を実施する。

(1)素焼きの皿を、焼成後に無色透明となる釉薬に浸して（Dipping）取り出し、乾燥させる。
(2)乾燥させた10枚の皿のなかから無作為に選んだ5枚の皿の表面の一部に、ガラス蛍光体の粉末とエタノールの混合液を塗布して乾燥させる。つぎに、ガラス蛍光体を塗布した部分を指で均して粒子を周囲に分散させ、ガラス蛍光体の層を薄くする（図5参照）。
(3)皿を炉に入れる。炉の温度を8時間かけて1230度まで上昇させたあと、炉を自然冷却させる。つぎに、皿を炉から取り出し、ガラス蛍光体を溶着させた皿5枚の裏面にのみ目印をつける。

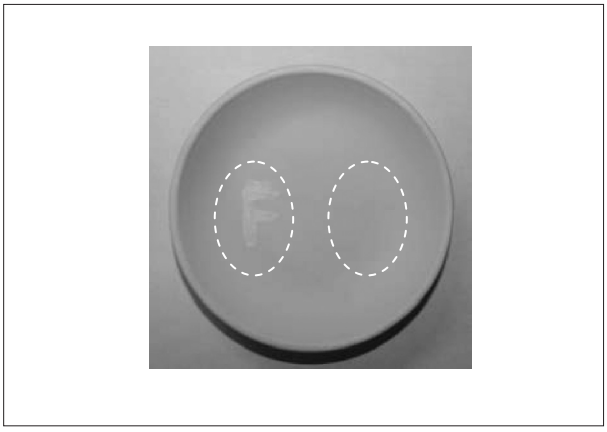

図5. 左側破線部（分散前）：ガラス蛍光体の層が厚いため塗布した部分が視認できる。右側破線部（分散後）：ガラス蛍光体の層が薄くなるため視認しにくいのがわかる。

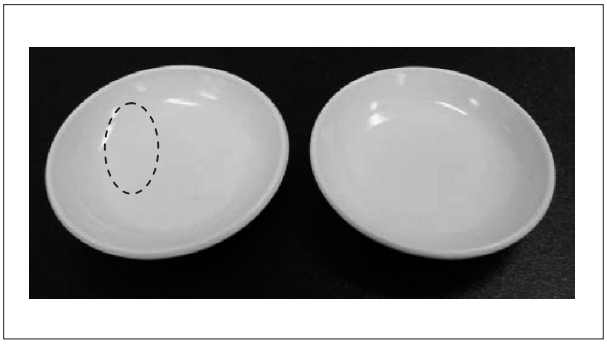

図6. 左側:ガラス蛍光体を溶着させた皿(破線で囲っている部分にガラス蛍光体が溶着している)。右側:ガラス蛍光体を溶着させていない皿。

図6に、ガラス蛍光体を溶着させた皿とそうでない皿を示す。

つぎに、50人の被験者に対して実験の趣旨、今回使用するガラス蛍光体の特徴を説明したあと、それぞれの被験者に対して以下の要領で視認の困難性に関するテストを実施した。

ウシオ電機株式会社 Copyright(c) USHIO INC. All Right Reserved

(1) 実験者は、被験者の視線が届かないところで10枚の皿のなかから5枚の皿を無作為に選ぶ。
(2) 実験者は、選択した皿を被験者の前に置き、15秒間観察させたあと、それぞれの皿についてガラス蛍光体を溶着させたものか否かを回答させる。なお、被験者は皿を手に取って観察できるが裏面を見ることはできない。
(3) 被験者が回答したあと、実験者はそれぞれの皿の裏面を確認し、被験者の回答と一致ならば皿1 枚につき10点を加点する。なお、実験者は被験者に対して回答の正誤を通知しない。
(4) 実験者は、(1)～(3)を10回繰り返して被験者ごとの正答率を計算する。

表1. 正答率の散布図

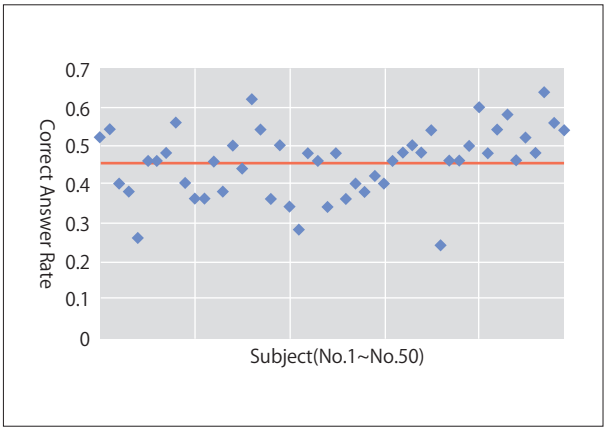

表2. 正答率の度数分布

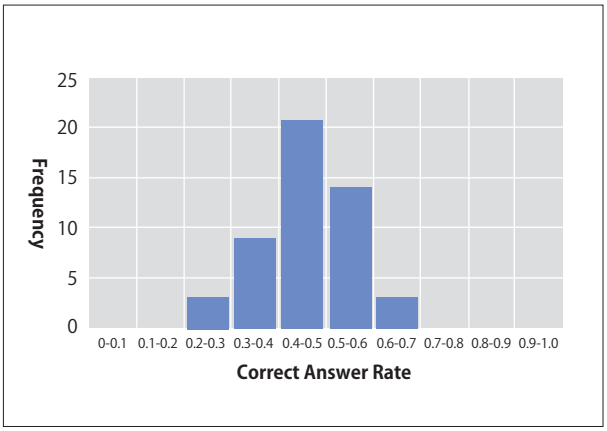

表1は、被験者ごとの正答率を散布図として表したものである(縦軸:正答率、横軸:被験者、赤線:平均値)。正答率の最高値は0.64、最低値は0.24、平均値は0.456 であった。表2は、正答率を度数分布として表したものである。正答率0.4以上0.5未満が最も多いことがわかる。これらのことから、ガラス蛍光体が少量であれば薄い青の着色を視認しにくい(ガラス蛍光体の存在を目視で確認しにくい)ため、現段階におけるガラス蛍光体には潜在的な有効性があることがわかった。

4.2 実験2

つぎに、後者(光励起による赤外線の発光)に関する実験を行う。著者らは、実験1で作製した2種類の皿について、図7に示す要領で励起光(レーザー光:808nm)を照射させながらその様子をカメラで撮影し、赤外線スペクトル画像を取得した。撮影では、近赤外線に対する感度が高いInGaAsイメージセンサーが組み込まれたカメラを使用し、カメラのレンズ前面に近赤外線のみを透過させる光学フィルター(IR85、RG830)を取り付けた。

赤外線スペクトル画像では、赤外線の発光の強弱は輝度の高低として表現される。図8に、図6で示した皿の画像を示す。ガラス蛍光体を溶着させた皿からは赤外線の発光がみられるが、溶着させていない皿からは赤外線の発光がみられないことがわかる。また、図9に示すように、ガラス蛍光体を溶着させた皿のスペクトル画像はそれぞれ異なることがわかる。以上のことからガラス蛍光体は焼成後も光励起により赤外線を発光すること、少量でも赤外線を発光すること、赤外線スペクトル画像を特徴情報として採用できる可能性が高いことがわかった。

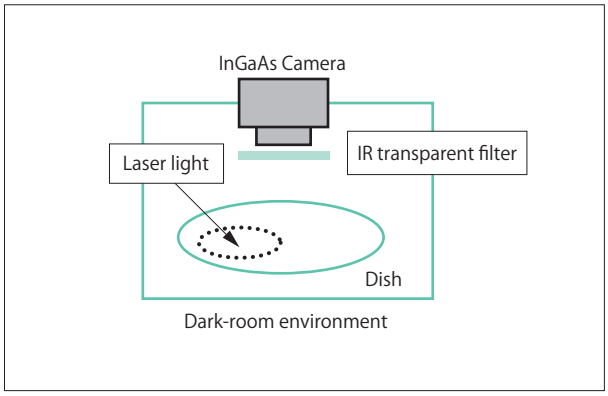

図7. 赤外線の発光の観測

ウシオ電機株式会社 Copyright(c) USHIO INC. All Right Reserved

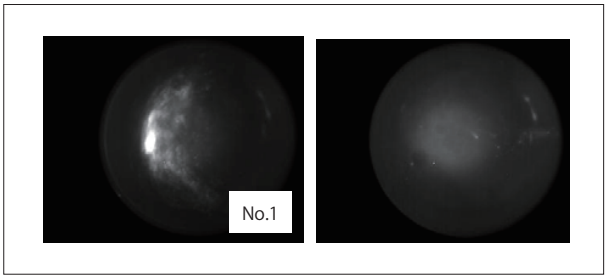

図8. 左側：ガラス蛍光体を溶着させた皿（No.1）、右側：ガラス蛍光体を溶着させていない皿

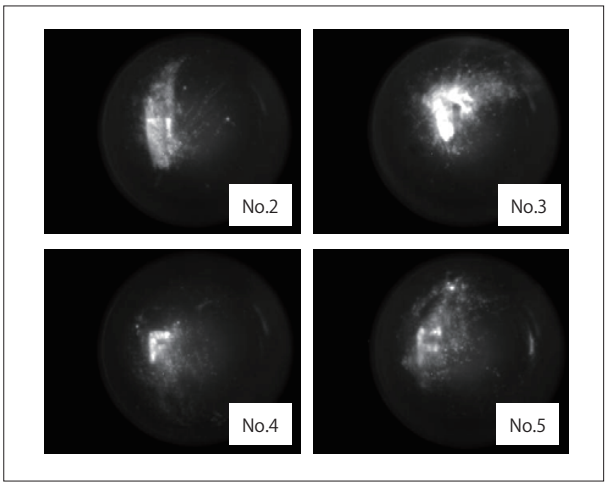

図9. ガラス蛍光体を溶着させた皿（No.2～No.5）

5. 考察

本章では、提案手法における要件の充足度合いについて論じるとともに、偽造防止技術としての評価を行う。

5.1 要件の充足

5.1.1 要件1

図2で示したように、現時点におけるガラス蛍光体には薄い青の着色が見られる。このため、人工物にガラス蛍光体を厚く塗布した場合には、陶土や釉薬、絵の具がもたらす色に影響を与えるリスクが高いと考えられる。一方、実験1の結果から明らかなように、人工物に添加するガラス蛍光体の量を少なくした場合には、その存在の有無は視認しにくいため、陶土やガラス、釉薬や絵の具がもたらす色に影響を与えるリスクは低いと考えてよい。

以上のことから、現時点における提案手法は、条件付き（人工物に添加する量を抑えること）ではあるが要件を満たしている。

5.1.2 要件2

ガラス蛍光体の生成には少量の希土類（ネオジム、イッテルビウム、サマリウム、プラセオジウムなど）が必要不可欠であるが、希土類には明らかな毒性は見られないというのが専門家の意見である[7]。また、担持ガラスとなる材料（酸化ホウ酸系、リン酸系、無水ホウ酸系の酸化物ガラス）は、不燃性、不溶性のある安定した酸化物であるため、毒性は低いとされている。たとえば、クリスタルガラスと呼ばれる透明度の高いガラスには酸化鉛が添加されているが、当該ガラスは食器として利用されていることから安全性が高いことがうかがえる。さらに、希土類と担持ガラスの化合物であるガラス蛍光体も、不燃性、不溶性のある安定した酸化物ガラスである。これらのことから、人工物に添加するガラス蛍光体は人体と環境に影響を及ぼすリスクが低く、要件を満たしている。

5.1.3 要件3

著者らは、粒径の細かなガラス蛍光体の粉末を含んだ釉薬や絵の具をセキュリティ会社が製造し、工房に納品することを提案している。これにより、マイスターによる作業（釉薬の塗布や絵付け）においてガラス蛍光体を人工物に添加できるため、工房での製造工程に変更は発生しない。このことから、著者らの手法は要件を満たすことができると考えられる。

5.1.4 要件4

4.2 節で示したように、製品の特徴情報である赤外線スペクトル画像は非接触で撮影でき、短い露光時間（シャッタースピード）での撮影が可能である。このことから、著者らの手法は要件を満たすことができる。なお、より短時間かつ効率的に特徴情報を取得するためには、製品のどの部分にガラス蛍光体が溶着しているのかをあらかじめ把握しておく必要がある。

5.2 提案手法の評価

偽造防止技術を評価するためには、少なくとも「セキュリティ」、「利便性」、「コスト」、「社会的受容性」について検討を行うことが必要である[8]。著者らは、4章においてガラス蛍光体の潜在的な有効性を見出したが、提案手法を実装するには至っていない。このため著者らは、それぞれについて、実験結果をもとに評価を行いつつ、実装に向けた考察を行う。

5.2.1 セキュリティ

【提案手法の評価】

人工物に添加されたガラス蛍光体の「粒子の位置」と「粒子同士の結合の度合い」を炉のなかで操作することは困難であると考えられるため、悪意をもった人が製

ウシオ電機株式会社 Copyright(c) USHIO INC. All Right Reserved

品を入手したとしても、そのコピーを製造することは困難であると考えてよい。

【実装に向けた考察】

図1に示す人工物メトリック・システムがセキュアであるかぎり、悪意を持った人は偽物のデータを参照データに登録できないため、偽物を本物として流通させることはできない。なお、人工物メトリック・システムでは、特徴情報（赤外線スペクトル画像）を取得するための光学系には個体差があり、環境条件（製品やカメラの位置、照明条件など）は変化するため、参照データに登録されている特徴情報と、検証のために取得した特徴情報が完全に一致することはない。実装では、これを許容するために閾値を設定するのだが、これによってブルート・フォース攻撃[8]やウルフ攻撃[8]、ハード・コピー攻撃[8]を受けて、偽物が本物であると認識されることがある。このため、実装では上記の攻撃を念頭に置きながら閾値を設定する必要がある。

5.2.2 利便性

ここでは、人工物に対する材料の添加しやすさと、特徴情報の読み取りやすさを考察する。

【提案手法の評価】

前者においては、5.1.3 節で述べたように、材料を添加するための追加的な作業が発生しないことから、材料は添加しやすいと考えてよい。また、後者においては、5.1.4節で述べたように、励起光を照射しながらその様子をカメラで撮影するというシンプルかつ容易な作業で特徴情報を取得できることから、特徴情報は読み取りやすいと考えてよい。

【実装に向けた考察】

前者においては、ガラス蛍光体の粒径を細かくすることでざらつきをなくし、マイスターや職人が釉薬や絵の具を塗布するときに違和感を覚えることがないようにするべきである。また、後者においては、5.1.4節で述べたように、材料の溶着箇所に関する情報を検証者が容易に把握できるようにするべきである。たとえば、上記の情報を記載した取扱説明書を製品に添付したり、メーカーのWebサイトで公開したりするという方法が考えられる。

5.2.3 コスト

ここでは、製品1個あたりのガラス蛍光体のコストを考察する。

【提案手法の評価】

著者らは、図5で示したように、指で均すことで薄いガラス蛍光体の層を形成したが、層の厚みは計測していない。このため、ここでは仮に、ガラス蛍光体が20mm四方に拡散し、その層の厚みが髪の毛の太さ（0.08mm）程度になったと仮定する。

図1に示すガラス蛍光体（50mm四方、厚さ3mm）の重さは22gであるため、20mm 四方、厚さ0.08mm におけるガラス蛍光体層の重さは0.094gになる（なお、この値をもとにして、釉薬や絵の具に対するガラス蛍光体の適切な配合量を算出することが可能となる）。

図1のガラス蛍光体は、1kgのガラス蛍光体から切り出したものである。1kgのガラス蛍光体を生成するのに333,129円かかったため、0.094gのガラス蛍光体は31.3 円となる。これは、同じ大きさのRFIDタグ1個の平均的な価格（80～120 円前後）よりも安価である。なお、RFIDタグは貼り付けによって製品の意匠を損なうことがあるが、溶着したガラス蛍光体を視認することは困難であることから、溶着によって製品の意匠を損なうことはないと考えてよい。

以上のことから、ガラス蛍光体はコストパフォーマンスがよいセキュリティ製品ということができる。

【実装に向けた考察】

上記の金額は、1kgのガラス蛍光体を試作したときの料金である。なお、ガラス蛍光体の生成には入手しやすい酸化希土類を使用しており、担持ガラスとの重量比が数%程度である（つまり、担持ガラス100gに対して酸化希土類が数g である）という特徴がある。実運用では大量のガラス蛍光体の生成が見込まれるため、上記の金額よりも安くガラス蛍光体を生成できると考えてよい。

5.2.4 社会的受容性

ここでは、ガラス蛍光体の安全性と提案手法の普及拡大の可能性（提案手法の受け入れられやすさ）を考察する。なお、前者については5.1.2 節ですでに考察しているため、あらためての評価は省略する。

【提案手法の評価】

これまで、有価陶磁器製品の真正性を判定するためには長年の経験と知識、高いスキルが必要であったのに対して、提案手法を用いた場合、これらの知識や技能がない人でも製品の真正性を判定できるようになる。このことから、有価陶磁器製品の流通において上流に位置するプレイヤー（正規代理店や商社）
だけでなく、下流に位置するプレイヤー（古物商、消費者）が提案手法を採用することが見込まれるため、提案手法は社会に受け入れられやすいと考えられる。

【実装に向けた考察】

著者らは、提案手法が社会に受け入れられるためには、

ウシオ電機株式会社 Copyright(c) USHIO INC. All Right Reserved

紙幣や証書における真正性判定の取り組みと同様に、安価かつ高精度な人工物メトリック・システムを開発するとともに、製品の真正性を簡易的に判定できる安価なツールの開発が必要であると考えている。現時点では、人工物メトリック・システムの構築は安価ではなく、真正性を簡易的に判定できる手法がないことから、著者らは、実装においては、これらの課題を解決できる手段や方法を確立することが必要であると考えている。

6. まとめ

著者らは、有価陶磁器製品の真正性を判定できるとともに、本物のコピーや偽物の製造を困難にできる人工物メトリクスを提案した。著者らの手法は、4 つの要件を満たすことができる。

また、基礎的な実験により、著者らのアイデアと現段階におけるガラス蛍光体の有効性を確認した。著者らが目標とするガラス蛍光体は無色透明であるが、現時点では薄い青の着色がみられる。今後、著者らは継続して着色の除去に努め、無色透明になるように組成の見直しを進める。今回の実験では、焼成における温度管理が
容易な陶器を用いたが、磁器についても同様の実験を行うことで、著者らのアイデアとガラス蛍光体の有効

謝辞

横浜国立大学の松本勉教授、四方順司准教授には、有益なコメントを頂戴した。謹んで感謝の意を表する。

参考文献

1) MeissenPorcelain.com: Meissen Porcelain Reproductions and Fakes, http://meissenporcelain.com/meissen-porcelain-reproductions/(2013/07/01)
2) Marion, L.: Fake Porcelain Marks: Recognizing Forged or imitation Marks on Ceramics,http://www.worthpoint.com/blog-entry/fake-porcelain-marks-recognizing-forged-or-imitation-marks-ceramics/(2013/07/01)
3) JNEWS.com: ニセモノを見破る真贋鑑定ビジネスの盲点と最新技術の動向,http://www.jnews.com/business/digest/2007/012.html (2013/07/01)
4) Yamakoshi, M., Rong, X. and Matsumoto, T.: Anartifact-metrics which utilizes laser speckle patterns for plastic ID card surface,Proc. SPIE 7618, 76180B (2010);doi:10.1117/12.842237
5) Matsumoto, H., Takeuchi, I., Hoshino, H.,Sugahara, and Matsumoto, T.: An Artifact-Metric System Which UtilizesInherent Texture, IPSJ Journal, 42 (8), IPSJ,2001, pp. 139– 152.
6) Fuchi, S., Sakano, A., Takeda, Y.: Wideband Infrared Emission from Yb3+- and Nd3+-Doped Bi2O3-B2O3 Glass Phosphor for an Optical Coherence Tomography Light Source, Japanese Journal of Applied Physics, pp.7932-7935(2008)
7) 鈴木康雄:ポピュラーサイエンス 希土類の話,pp.144/146, 裳華房(1998)
8) 宇根正志, 田村裕子, 松本勉: 偽造防止技術のなかの人工物メトリクス, 日本銀行金融研究所,金融研究, 2009 年7 月, pp. 147

ウシオ電機株式会社 Copyright(c) USHIO INC. All Right Reserved